

Influencia de la fuente de potasio en la Nutrigación™ Clementina de Nules. Producción y calidad del fruto

El potasio (K), conocido como el "nutriente de calidad" por su efecto sobre la producción y calidad del fruto, es uno de los nutrientes esenciales para las plantas ya que es requerido, junto al nitrógeno y el fósforo, en grandes cantidades por las mismas. Con el objetivo de analizar la Nutrigación™ de los cítricos con diferentes fuentes de potasio, durante dos campañas consecutivas, plantas jóvenes de clementina de Nules recibieron en fertirriego una misma dosis de K en forma de sulfato potásico (SK), cloruro potásico (ClK) y nitrato potásico (Multi-K) y se comparó su respuesta con un tratamiento de aporte reducido (30%) de K (Multi-K_{0.7K}) y con un control en ausencia de fertilización potásica. Las plantas fertilizadas con Multi-K presentaron concentraciones foliares de K superiores al resto de tratamientos; asimismo, presentaron una reducción significativa en la biomasa de frutos caídos. Sin embargo, las plantas cuya fuente de K fue en forma de cloruro mostraron un potencial hídrico más negativo en etapas clave del ciclo vegetativo, indicando una mayor dificultad de las plantas para extraer agua del suelo.

PALABRAS CLAVE: cítricos, fertirrigación, Nutrigación™, potasio.

A. Quiñones¹, B. Martínez-Alcántara¹, J.M. Fontanilla²

¹ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).

² Director de Marketing de Haifa Iberia.

INTRODUCCIÓN

El potasio (K) es uno de los nutrientes esenciales para las plantas que es requerido, junto al nitrógeno y el fósforo, en grandes cantidades por las mismas para su correcto desarrollo vegetativo y reproductivo.

Considerado segundo en importancia, después del nitrógeno, es conocido como el "nutriente de calidad", por su efecto sobre la producción y calidad del fruto. Este elemento regula la apertura y cierre de los estomas y, por tanto, la absorción de CO₂ durante la fotosíntesis y desempeña un papel importante en la regulación del agua en las plantas (osmoregulación). Por estas razones es un nutriente que mejora la tolerancia de los cultivos al estrés hídrico. Además, es irremplazable en la síntesis de proteínas y carbohidratos y en la activación de muchos enzimas relacionados con el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la salinización de los suelos agrícolas es quizá uno de los problemas más serios al que se enfrenta la agricultura en nuestros días.

La aceleración de estos procesos se debe a la intensificación de los cultivos, el bombeo indiscriminado del agua para riego en zonas cercanas al mar y al uso de fertilizantes con un gran índice salino en zonas ya afectadas, todo ello contribuye al aumento anual de superficie agrícola salinizada.

Con estas premisas y con el objetivo de analizar la Nutrigación™ de los cítricos con diferentes fuentes de potasio, la empresa HAIFA Iberia y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) suscribieron un convenio de colaboración. Se denomina Nutrigación™ (fertirrigación) a la aplicación de nutrientes a través de sistemas de riego. La incorporación de fertilizantes solubles en el agua de riego facilita la integración y armonización entre la aplicación de agua y nutrientes para las plantas. El uso de la Nutrigación™ implica ofrecer una adecuada cantidad de agua y nutrientes de forma directa a la zona de la raíz de la planta para satisfacer sus demandas durante las distintas etapas de crecimiento. Los resultados del estudio realizado se presentan en este artículo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de cultivo

Durante dos campañas consecutivas, un grupo de plantas jóvenes de cítricos en producción (de 3 años de edad) de la variedad clementina de Nules injertada sobre citrange Carrizo se cultivaron en condiciones distintas en fertirriego:

- Ensayo 1. Las plantas se cultivaron en macetas de 50 L de capacidad con un suelo franco-arenoso, representativo de las áreas citrícolas del este peninsular, bajo un umbráculo de policarbonato transparente (**Fotografía 1A**).
- Ensayo 2. Árboles de la misma edad se trasplantaron a lisímetros de 5000 kg de suelo de iguales características al ensayo 1 (**Fotografía 1B**), con el fin de reproducir condiciones similares a las de campo.

Tratamientos realizados

En ambos ensayos se evaluó la Nutrigación™ con diferentes fuentes de potasio, manteniendo constantes las dosis del resto de nutrientes aportados:

1. Sin aporte de fertilizantes potásicos => Control
2. Sulfato potásico en formulación líquida => SK
3. Cloruro potásico en formulación líquida => CIK
4. Nitrato potásico (Multi-K) en forma de sólido soluble => Multi-K
5. Nitrato potásico (Multi-K) en forma de sólido soluble con una dosis de K un 30% inferior al resto de tratamientos => Multi-K_{0.7K}

En la campaña de 2014/15 se realizó el abonado según los distintos tratamientos con el fin de aclimatar las plantas tras los transplantes a las macetas y lisímetros. Durante la campaña 2015/16 se ajustaron las dosis de abonado, especialmente en las plantas cultivadas en lisímetros debido al gran desarrollo vegetativo de éstas. En este artículo se presentan los resultados de diferentes variables realizadas en 2015 en las plantas cultivadas en maceta y en 2016 en los árboles desarrollados en los lisímetros.



Fotografía 1. Ensayo 1, umbráculo de policarbonato (1A, marzo 2014). Ensayo 2, lisímetros al aire libre (1B, diciembre 2016).

Análisis estadístico

La significación de los tratamientos realizados se ha analizado mediante el programa estadístico Statgraphics Plus version 5.1 (Statistical Graphics, Englewood Cliffs, NJ) a través del análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía (tratamiento) con comparación entre medias mediante el test LSD-Fisher al 95 % de nivel de confianza.

EVALUACIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS

La evaluación del efecto de los distintos fertilizantes sobre plantas de clementina de Nules se ha realizado a través de la medida de diferentes parámetros o variables.

Análisis foliar

Para evaluar el efecto de los distintas fuentes de potasio aportadas se

analizó la concentración de macro y micronutrientes en las hojas de la brotación de primavera sin fruto terminal muestreadas en noviembre. Las **Figuras 1 y 2** muestran las concentraciones foliares de N y K; la franja verde indica los niveles óptimos de referencia para estos elementos en plantas de clementinos. En el caso del potasio, las plantas cultivadas en maceta y que recibieron este elemento en forma de nitrato potásico (Multi-K) presentaron una concentración foliar óptima. Sin embargo, aquellas que no recibieron este elemento (plantas Control) o una menor dosis del mismo (Multi-K_{0.7K}), se encontraron en rangos deficitarios, de igual modo que las que lo recibieron en forma de sulfato de potasio (SK) o cloruro potásico (CIK). Las plantas también presentaron un estado deficitario en la concentración de N independiente del tratamiento.

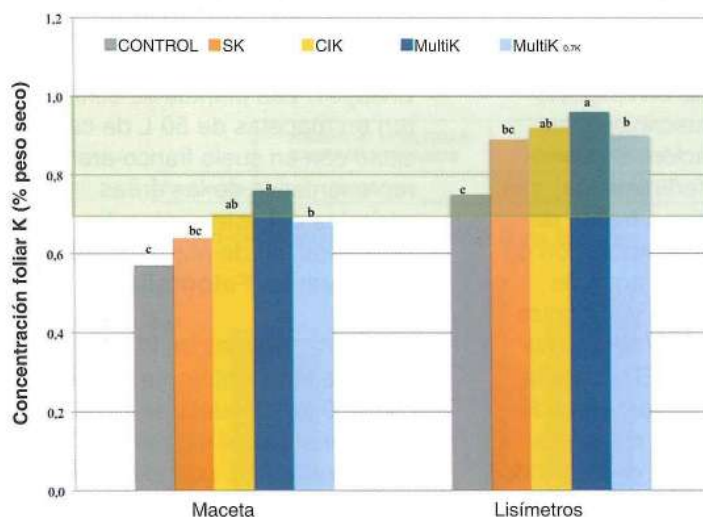


Figura 1. Concentración de potasio en hojas de la brotación de primavera sin fruto terminal (noviembre) en plantas de Clementino de Nules cultivadas con distintas fuentes de fertilizantes potásicos.

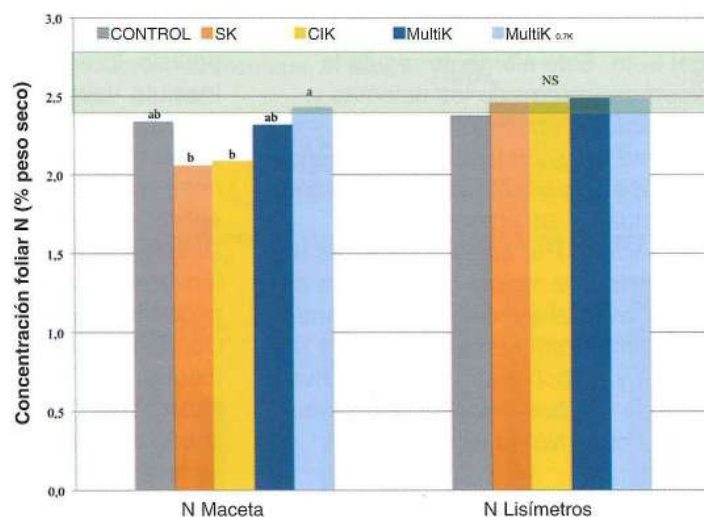


Figura 2. Concentración de nitrógeno en hojas de la brotación de primavera sin fruto terminal (noviembre) en plantas de Clementino de Nules cultivadas con distintas fuentes de fertilizantes potásicos.

Las plantas cultivadas en lisímetros presentaron una concentración foliar óptima en K en todos los casos. Sin embargo, la fuente de potasio aportada afectó a los resultados obtenidos, siendo el nitrato potásico (Multi-K) el tratamiento que presentó mayores concentraciones de este elemento en hoja (**Figuras 1**). Las concentraciones foliares de N se mantuvieron, a diferencia del ensayo en macetas, en el rango óptimo independientemente del tratamiento (**Figura 2**). Este aumento observado podría deberse al efecto sinérgico que existe entre K^+ y NO_3^- que facilita la absorción de ambos iones por parte de las raíces de la planta, aumentando la concentración de los mismos en hoja.

Caída y calidad del fruto

Diferentes estudios confirman la repercusión que el K tiene sobre la producción y caída del fruto; por ello, en tres plantas de cada tratamiento se colocaron mallas para recoger los frutos caídos en diversas fases del crecimiento.

En los lisímetros las plantas que recibieron el K en forma de ClK, así como las que recibieron este elemento en forma de SK y los controles presentaron una acusada abscisión de flores/frutos (**Figura 3**). Este fenómeno vendría explicado tanto por la dosis de K como por la fuente empleada para su aporte. En las plantas control la elevada abscisión unido a su baja producción final (**Figura 4**), apuntaría a un menor porcentaje de cuajado debido al déficit en K que presentaron estos árboles. Sin embargo, la mayor biomasa de flores/frutos caídos registrada especialmente en los árboles fertilizados con ClK estaría probablemente explicada por el mayor índice salino (IS) de la solución nutritiva de este tratamiento. El IS es una medida de la concentración de sales que induce un fertilizante en la solución de suelo. A mayor índice salino del fertilizante, mayores problemas de salinidad vamos a tener con éste. Además del IS, otro indicador utilizado para expresar el riesgo potencial de la salinidad en el suelo, es el efecto que la solución fertilizante tiene sobre la

conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo. A mayor CE mayor riesgo potencial de producir síntomas por salinidad en los cultivos. El aporte del K en forma de nitrato (Multi-K) condujo a una abscisión de flores/frutos significativamente inferior a la registrada con el ClK y con una producción similar en cantidad (**Figura 4**) y calibres (**Figura 6**). El IS de la solución de nitrato potásico es muy inferior al de la solución nutritiva de ClK e incrementa en menor medida la CE de la solución del suelo comparado con otras fuentes de potasio. En cambio, la menor abscisión de flores/frutos se dio en el tratamiento Multi-K_{0.7K}, siendo a su vez el tratamiento que menor producción final presentó; los escasos frutos presentes al final del ciclo mostraron un calibre superior al del resto de tratamientos (**Figura 6**).

Las plantas cultivadas en macetas presentaron una producción muy inferior a la del ensayo 2 dado que son plantas un año menores. Aún así, se aprecian respuestas similares en lo que respecta a la dosis y forma de K aportada, a las obtenidas en los lisímetros. De modo que, las plantas que no recibieron potasio presentaron una mayor abscisión de flores/frutos (**Figura 3**) y a su vez el K en forma de sulfato y cloruro condujo a una abscisión de frutos superior a la del tratamiento con nitrato potásico (Multi-K). En cambio no se observaron diferencias significativas en la cosecha en función de los tratamientos probablemente debido a la escasez de la misma (**Figura 4**). Sin embargo el peso medio del fruto en las plantas que recibieron la dosis completa de K en forma de Multi-K fue significativamente superior a aquellas que fueron fertilizadas con ClK (**Figura 5**).

No se observaron diferencias en los porcentajes de corteza, pulpa y zumo en función de los tratamientos empleados aunque sí una tendencia a valores superiores de índice de madurez en los árboles fertilizados con cloruro potásico (datos no mostrados).

Parámetros biométricos

Al inicio del ensayo los árboles cultivados en macetas (Ensayo 1) presentaban un índice de área foliar similar; sin embargo, al final del ciclo, las plantas que no recibieron potasio (control) presentaron un menor incremento en el índice de área foliar y en el volumen de copa consecuencia de un menor desarrollo vegetativo de las mismas (**Tabla 1**). En cambio, el aporte de K en forma de nitrato potásico (Multi-K) condujo a un incremento anual en el índice de área foliar y en el volumen de copa significativamente superior al registrado en el resto de tratamientos.

La fuente de K aplicada afectó, también, de forma significativa al diámetro del tronco medido por encima del injerto. De este modo, el diámetro de la variedad injertada fue superior y se incrementó anualmente, de forma considerable, en las plantas que recibieron K en el abonado anual, con respecto a las plantas control y, en mayor medida, en aquellas que recibieron Multi-K como fuente del mismo (datos no mostrados).

En las plantas cultivadas en lisímetros (Ensayo 2), no se observaron diferencias significativas en el volumen de copa al inicio ni al final del ensayo (datos no mostrados).

Tabla 1. Variación del índice de área foliar (IAF) y volumen de copa desde el inicio (mayo 2015) hasta el final del ensayo (febrero 2016) en función de la fuente de potasio aportada en árboles jóvenes de clementina de Nules cultivados en macetas.

Tratamiento	IAF 05/2015 (cm ²)	ΔIAF (%)	Volumen copa 05/2015 (m ³)	ΔVolumen copa ^Y
CONTROL	6681 a ^X	15,1 c	0,17 a ^X	2,35 c
SK	7044 a	25,3 b	0,18 a	2,67 b
ClK	6785 a	28,6 ab	0,17 a	2,80 ab
Multi-K	6655 a	33,1 a	0,17 a	3,09 a
MultiK _{0.7K}	6785 a	28,6 ab	0,17 a	2,98 a
ANOVA ^Y	NS	*	NS	*

X: Análisis de la varianza en función de los tratamientos. Letras diferentes en una misma columna presentan diferencias significativas para $P > 0,05\%$. Y: Ratio entre el volumen de copa al final y al inicio del ensayo.

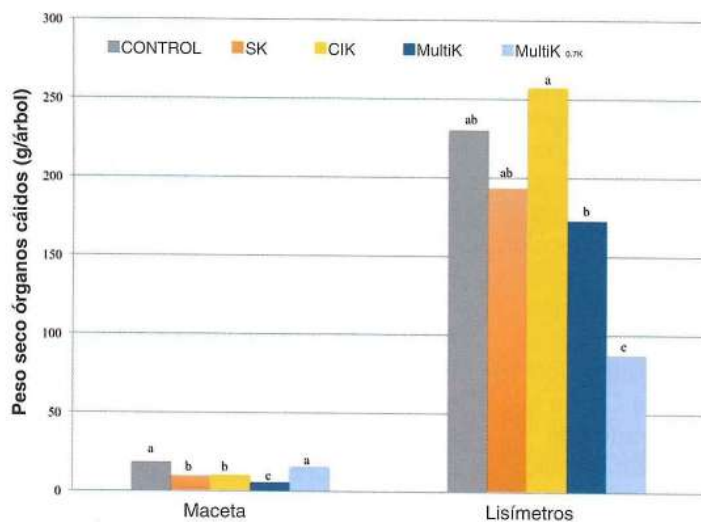


Figura 3. Flores y frutos caídos (g) durante todo el ciclo de cultivo (mayo a septiembre).

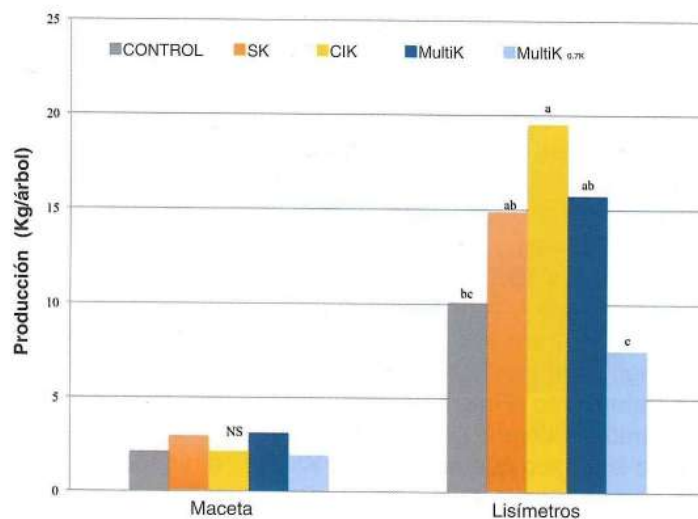


Figura 4. Producción de los árboles en el momento de la cosecha.

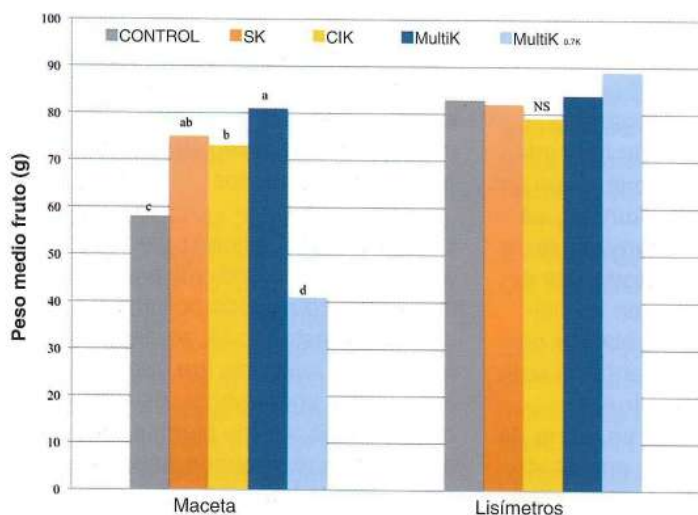


Figura 5. Peso medio del fruto en el momento de la cosecha.

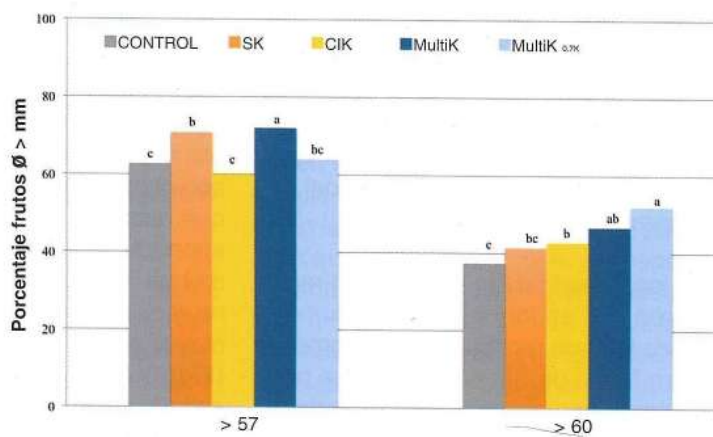


Figura 6. Porcentaje de frutos con un diámetro superior a 57 y 60 mm en las plantas cultivadas en los lisímetros.

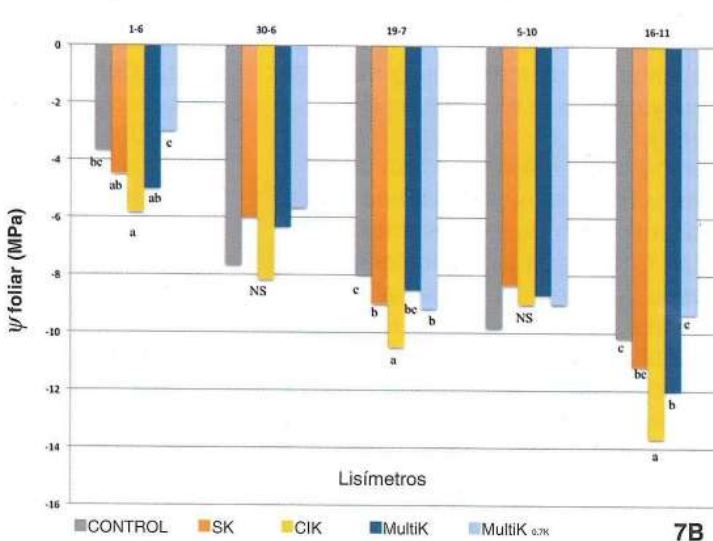
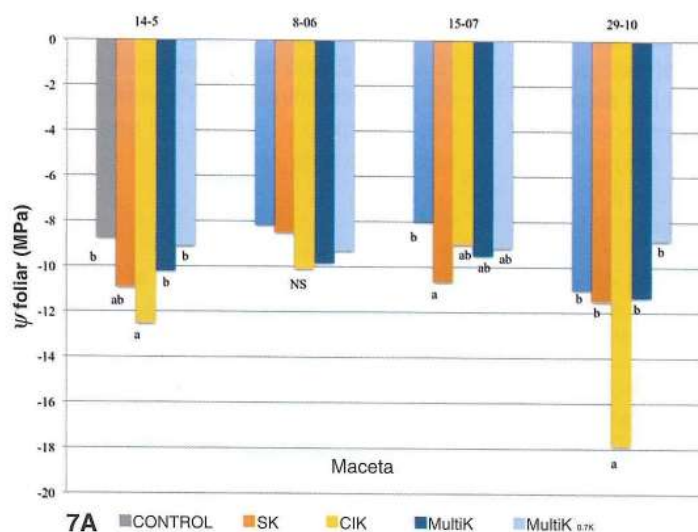


Figura 7. Potencial hídrico foliar a lo largo del ensayo en árboles de Clementina de Nules cultivados en macetas (7A) y lisímetros (7B) en función de la fuente de potasio aportada.

Determinación de las relaciones hídricas de las hojas en diferentes momentos del ciclo vegetativo

La **Figura 7** muestra los resultados obtenidos del potencial hídrico de las hojas durante el ensayo, como medida del estado hídrico de las plantas. Este parámetro es una medida indirecta del estrés en la planta, con valores más negativos a mayor estrés, desde un punto de vista de demanda hídrica. Al inicio del ensayo (mayo), las plantas cuya fuente de K fue cloruro potásico mostraron un potencial hídrico más elevado (valores más negativos), indicando que estas plantas estaban sometidas a un mayor estrés hídrico. En las medidas realizadas en junio, no hay diferencias significativas. Sin embargo, las plantas fertilizadas con cloruro potásico en noviembre, también manifestaron valores de potencial hídrico significativamente menores (más negativos) al del resto de tratamientos en períodos de latencia (**Figura 7**). Estos datos serían consistentes con el mayor IS y CE que presenta la solución nutritiva del CIK.

Igualmente, en los lisímetros, en los meses de julio y noviembre, las plantas fertilizadas con cloruro potásico presentaron un potencial hídrico más negativo que las plantas fertilizadas con el resto de fuentes de potasio (**Figura 7B**).

Fotosíntesis

Se apreció una cierta tendencia, tan sólo significativa en algunos momentos del ciclo, a valores de fotosíntesis neta ligeramente superiores en los árboles fertilizados con una fuente potásica en forma nítrica (Multi-K) frente a los que la recibieron en forma de CIK, tanto en las plantas desarrolladas en macetas como en lisímetros (**Tabla 2**). Una mayor tasa fotosintética está relacionada con una mayor síntesis de carbohidratos y con plantas en mejor estado vegetativo.

Tabla 2. Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a lo largo del ensayo².

Macetas	13/05	15/06	14/07	22/10
CONTROL	10,64 a	9,20	9,86 ab	15,03
SK	9,53 ab	9,03	9,75 ab	13,98
CIK	8,46 b	9,81	8,24 b	13,02
Multi-K	8,66 ab	8,15	11,73 a	15,07
Multi-K _{0,7K}	8,80 ab	9,61	10,43 a	13,88
ANOVA ^y	*	NS	*	NS

Lisímetros	03/06	07/07	10/08	03/10
CONTROL	5,13 b	8,53	9,53	8,40
SK	13,53 a	13,47	8,07	9,93
CIK	9,87 ab	10,73	12,60	7,87
Multi-K	13,60 a	12,00	13,13	9,87
Multi-K _{0,7K}	8,60 ab	12,33	7,47	6,67
ANOVA ^y	*	NS	NS	NS

CONCLUSIONES

Los resultados presentados del efecto de diferentes fuentes de potasio para fertirrigación de cítricos permiten concluir que:

- Las plantas fertilizadas con nitrato potásico (Multi-K) presentan concentraciones foliares de nitrógeno y potasio superiores a las fertilizadas con sulfato de potasio (SK) y cloruro potásico (CIK), consecuencia del efecto sinérgico en la absorción de K^+ y NO_3^- , de modo que la aplicación conjunta de estos iones incrementa la cantidad absorbida de los mismos.
- La fertilización con nitrato potásico (Multi-K) reduce significativamente la caída de frutos frente a árboles abonados con CIK y SK. Esto podría ser debido a que estos abonos dan lugar a mayores condiciones salinas en el momento del cuajado del fruto.
- El aporte de nitrato potásico (Multi-K) como fuente de potasio tiende a incrementar el porcentaje de frutos de tamaño comercial con respecto a la fertilización con cloruro.
- En plantas cultivadas en maceta, las plantas abonadas con nitrato potásico (Multi-K) presentan un mayor desarrollo vegetativo al incrementar, a lo largo del año, volumen de copa, diámetro del tronco del injerto e índice de área foliar con respecto al resto de tratamientos.
- Las plantas cuya fuente de K es en forma de cloruro muestran un potencial hídrico más elevado (valores más negativos) en etapas clave del ciclo vegetativo, indicando que las plantas tendrán mayor dificultad para extraer agua del suelo que las fertilizadas con nitrato potásico o sulfato potásico.